

高苛刻度裂化技术在焦化加热炉中的应用

薛颖,于国辉,刘伟强*

(山东滨化滨阳燃化有限公司,山东滨州 251800)

摘要:在某公司焦化车间大修期间,采用中国石油大学开发的“高苛刻度裂化技术”,在焦化加热炉总体结构不变的条件下,对该公司的100万t/a焦化装置加热炉进行优化改造。改造后加热炉炉膛温度平均降低约50℃,汽柴油收率提高4.22%,焦炭产率降低1.5%,加热炉热效率由91.05%提高至92.34%。可节省标油320t/a,节能效果显著。

关键词:加热炉;高苛刻度裂化;焦化

中图分类号:TE6

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)S-0170-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.S.039

Application of high severity cracking technology in coking heating furnace

XUE Ying, YU Guo-hui, LIU Wei-qiang*

(Shandong Bin Yang Gasification Co., Ltd., Binzhou 251800, China)

Abstract: During the overhaul on the coking plant of a certain company, the high severity cracking technology that is developed by China University of Petroleum is used to renovate and optimize the heating furnace of the 1 million t/a coking unit in the company while remains the overall structure of the furnace unchanged. After the renovation, the average temperature of the furnace chamber decreases by about 50℃, the total yield rate of gasoline and diesel increases by 4.22%, the yield of coke decreases by 1.5%, and the thermal efficiency of the furnace increases from 91.05% to 92.34%. Through renovation, 320 tons of standard oil can be saved per year, representing a remarkable energy saving effect.

Key words: heating furnace; high severity cracking; coking

1 目标要求

1.1 装置存在的问题

山东滨化滨阳燃化有限公司现有延迟焦化装置设计处理量为100万t/a,采用一炉两塔流程,加热炉为4管程双面辐射方箱炉。自2008年焦化装置开工至2017年10月改造前,每年大修只进行炉管清焦、炉墙修补更换、火嘴检查更换、烟道空气预热器清理等常规性检修工作。此前,加热炉在装置加工量接近和达到满负荷运行时表现出炉膛温度、管壁温度较高等热负荷不足现象(炉膛温度在800℃左右,炉内管壁温度接近650℃),同时排烟温度和炉墙外壁温度较高,导致热效率较低。根据此前延迟焦化装置运行情况可知,存在的问题如下:①焦化炉设计热负荷不足,制约装置提量增效;②装置焦炭产率系数高(焦炭产率/残炭),装置液收偏低;③加

热炉排烟温度超过160℃,局部炉外壁温度高达90℃,排烟和散热损失严重,导致加热炉热效率低,燃料消耗高;④加热炉采用单点注水方式,对装置节能和降低焦炭产率不利。

1.2 技术目标

提高延迟焦化过程的轻油收率、降低石油焦产率是炼油企业始终追求的核心目标。重油在焦炭塔内反应所需的热量全部由焦化炉提供,要提高轻油收率,必须提高焦化炉的操作苛刻度,为重油提供足够的反应所需热量,以提高焦炭的缩合度,降低石油焦产率。提高操作苛刻度的常规做法是提高焦化炉出口温度,但该方法易导致炉管结焦速率过快、炉管壁超温爆裂等问题,制约装置运行周期或操作安全。在实际生产中,为防止焦化炉炉管结焦,操作条件往往过于保守。操作苛刻度低,导致焦化炉供热不足,轻油收率低。因此,提高轻油收率必须解决减缓炉

收稿日期:2019-07-31;修回日期:2019-09-18

作者简介:薛颖(1983-),女,硕士,工程师,研究方向为炼油和工程塑料化工工艺;刘伟强(1991-),男,本科,助理工程师,研究方向为炼油和工程塑料化工工艺,通讯联系人,18954381377@126.com。

管结焦与提高操作苛刻度之间的矛盾。

中国石油大学开发的“高苛刻度裂化技术”基于重质油热反应化学与炉管壁动态结焦机理研究,通过焦化炉工艺设计与工程设备创新,采取低温长停留时间方式增加反应给热量,并有效控制炉管结焦。改造后技术指标要求见表1。

表1 改造后技术指标要求

序号	项目	改造后技术指标
1	处理量	设计处理量 100 万 t/8400 h(循环比 0.2~0.6),操作弹性 60%~120%
2	产品分布	焦化原料康氏残炭值相近条件下,装置焦炭产率下降 1.5% 以上
3	炉膛温度	正常值 750℃,最高 800℃
4	炉壁温度	不高于 50~60℃(国家标准要求不超过 70℃)
5	炉热效率	加热炉排烟温度小于 130℃,炉效率 92% 以上
6	生产周期	不低于现操作清焦周期(1年)

2 改造内容

2.1 对焦化炉管进行过程模拟,优化炉管排布

焦化炉管外过程模拟的目的是得到焦化炉管热强度分布规律,是优化炉管排布和管内过程模拟的基础,需利用现代流体计算商用软件,模拟计算不同燃烧条件、炉管排布与炉型结构条件下的管外热强度分布。焦化炉管内过程模拟的目的是计算管内两相流型、焦化炉实际裂解深度、最高油膜温度等关键设计参数,需减渣多集总热裂解产物分布模型及其他过程模型,对现有焦化炉过程模拟软件进行升级和二次开发^[1]。

通过管外模拟得到的热强度分布和实验修正的渣油动力学模型,利用逐段计算法完成管内重油热反应、平衡汽化及两相流动过程的模拟,得到管内两相流型、焦化炉实际裂解深度、最高油膜温度等关键工艺参数,优化炉管排布,达到降低炉管结焦速率的目的^[2]。新增辐射炉管每路 8 根,其中新增 $\phi 114.3 \times 8.56$ 炉管 4×4 根,新增 $\phi 127 \times 10$ 炉管 4×4 根,共计增加 8×4=32 根,延长进料在炉管内停留时间。采用特制炉管吊架,优化炉管排布。改造后辐射室内炉管总体流程为:工艺介质对流加热段→遮蔽管→辐射室侧墙→辐射室底部→辐射室顶部→

工艺介质出口。

2.2 采用附墙燃烧方式和组合式空气预热器,改善炉内温度场分布

采用附墙燃烧方式和组合式空气预热器,优化炉内温度场分布,降低了排烟温度,提高了加热炉热效率。采用附墙燃烧方式,燃烧器产生的高温火焰紧贴炉墙向上燃烧,将炉墙加热成为高温辐射体,再由炉墙将热量辐射给炉管,优化炉内温度场分布,杜绝火焰舔管。配合炉管排布和燃烧器改造,采用特制反射炉墙,优化反应历程^[3]。采用组合式空气预热器,降低排烟温度,提高加热炉热效率。

2.3 对炉出口转油线进行优化设计

对加热炉出口转油线进行优化设计,辐射室进料方式由“上进下出”改为“下进上出”,辐射炉管采用同心大小头变径,防止变径处出现死区造成炉管结焦,对辐射室出口的转油线排布进行优化设计,每两路炉管采用大通径“Y”型三通汇合,降低压降的同时可兼顾热应力消除。

2.4 改一点注水为多点注汽技术,优化注汽点位置

改造前采用一点注水,注水位置为对流室入口,注水量为 700 kg/h。

改造后采用三点注汽,注汽点位置分别为:第一点在对流室入口,单程注汽量 50~100 kg/h;第二点在辐射室第 1 根炉管入口,单程注汽量 200~300 kg/h;第三点注汽在辐射室倒数第 4 根炉管,注汽量 200~250 kg/h。为准确控制注汽量,各路注汽均设置调节阀组,注汽点前设置截止阀稳定注汽压力,保证流量计准确。同时根据公司中压蒸汽供应情况,设置备用注水系统,注水时流量与注汽相同。

3 改造效果

为考察焦化炉改造后运行情况,对改造后焦化炉处理量、炉膛温度、热效率及装置产品分布等关键参数进行了考核。

3.1 处理量与炉膛温度

本次设计要求焦化炉处理量达到 100 万 t/a(8400 h,循环比 0.2~0.6),炉膛温度正常值 750℃,最大不超过 800℃。炉膛温度是反映加热炉热负荷和操作弹性的关键参数,为考察焦化炉实际加工量和操作弹性,收集了改造后焦化炉处理量、炉膛温度等操作数据,如表 2 所示。

表 2 改造前后处理量及炉膛温度变化情况

项目	改造前	改造后	备注
减渣处理量	80 万 t/a	100 万 t/a	8400 h
	2400 t/d	2760 t/d	
	100 t/h	115 t/h	
辐射进料量/(t·h ⁻¹)	155	190	
循环比	0.55	0.60	
辐射入口温度/℃	373	380	
辐射出口分支温度/℃	495	495	
辐射出口总温度/℃	493	493	
炉膛温度/℃	750~800	720~730	

结果显示,改造后焦化炉实际处理量 100 万 t/a。在循环比 0.6 的条件下,炉膛温度为 720~730℃,优于设计指标的 750℃。表明焦化炉处理量仍有一定提高空间,可满足合同要求的技术指标。

3.2 加热炉热效率

加热炉热效率是影响其能耗水平的关键指标,根据开工后焦化炉实际运行参数(排烟温度、处理量、入炉空气温度、过剩空气系数等),计算实际加热炉效率,如表 3 所示。

表 3 改造前后与热效率相关温度变化情况

项目	改造前	改造后	备注
处理量/(万 t·a ⁻¹)	80	100	
排烟温度/℃	160	130	
炉膛温度/℃	760	730	
入炉空气温度/℃	230	260	
外壁温度/℃	80	60	平均值
过剩空气系数	1.15	1.15	
总热效率/%	91.05	92.34	反平衡法
节省标油/(t 标油·a ⁻¹)	—	320	8400 h

结果表明,根据实际运行参数,按反平衡法计算,焦化炉改造后实际热效率为 92.34%,优于设计值 92%的技术指标。与改造前相比,加热炉热效率由 91.05%提高至 92.34%,可节省标油 320 t/a,节

能效果显著。

3.3 产品分布

改善产品分布,以期降低装置焦炭产率、提高液收是本次改造的重要目标。在原料性质相近的情况下,对改造后 2 个月的产品分布情况统计结果如表 4 所示。

表 4 改造前后产品分布变化情况

项目	改造前	5 月	6 月	5~6 月平均	差值
原料残炭/%	16.2	16.30	14.87	15.59	-0.61
干气/%	4.5	5.39	4.69	5.04	0.54
液化气/%	2.6	2.84	3.03	2.94	0.34
汽油/%	50.8	54.36	55.67	55.02	4.22
柴油/%	50.8	54.36	55.67	55.02	4.22
蜡油/%	14.3	11.47	10.24	10.86	-3.45
石油焦/%	27.3	25.33	25.93	25.63	-1.67
合计	99.5	99.39	99.56	99.48	

统计结果显示,改造后,5~6 月份的装置产品分布情况均得到改善,干气和液化气收率增加了 0.88%,汽柴油收率增加 4.22%,蜡油收率减少 3.45%,焦炭产率降低 1.67%。达到了合同要求装置焦炭产率降低 1%以上的改造目标。

4 结论

焦化炉改造处理量 100 万 t/a。在循环比 0.6 的条件下,炉膛温度为 720~730℃,优于设计指标的 750℃。与改造前相比,加热炉热效率由 91.05%提高至 92.34%,可节省标油 320 t/a,节能效果显著。产品分布情况均得到改善,焦炭产率降低了 1.67%,达到合同要求。

参考文献

- [1] 雷亮,郝盼东,吴振星,等.定向反射深度裂解技术在稠油焦化中的应用[J].石油炼制与化工,2015,47(8):44-46.
- [2] 李娜,杨军卫,姚永杰,等.基于蒙特卡罗方法的双面辐射方箱炉热强度分布的模拟[J].石油化工,2017,2(15):222-226.
- [3] 王兰娟,肖家治,蔡升.用动态实验考核重油热裂解产物分布模型[J].石油大学学报(自然科学版),2002,3(30):72-74.■